

Fachdidaktik Physik: 2.1.7. Kernphysik in 9

Hans-Otto Carmesin

Gymnasium Athenaeum Stade, Studienseminar Stade

Hans-Otto.Carmesin@t-online.de

16. März 2021

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	2
2 Gliederung	2
3 Unterrichtssequenzen	3
3.1 Kern-Hülle-Modell	4
3.2 Radioaktive Strahlen	5
3.3 Kernzerfälle	6
3.4 Kernspaltung	8
4 Zusammenfassung	8

Pilze und Strahlung



23.09.2010

Auch 24 Jahre nach der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl gibt es in Deutschland radioaktiv belastete Pilze. Ursache: das radioaktive Caesium 137. Pilze bauen es anstelle von Kalium in ihre Zellen ein. Caesium 137 ist besonders langlebig: Erst nach 30 Jahren ist es zur Hälfte zerfallen.

Abbildung 1: Des Thema Radioaktivität betrifft die Gesundheit von uns allen. So hat die Stiftung Warentest sogar ein Sonderheft zur radioaktiven Belastung von Pilzen herausgegeben (s. [Warentest \(2010\)](#)).

1 Einleitung

Den SuS ist die Bedeutsamkeit der Kernphysik bekannt. Sie wissen, dass radioaktive Strahlen gefährlich sein und sogar von Lebensmitteln ausgehen können (s. Abb. 1). Auch sind ihnen sehr gewaltsame Ereignisse wie die Atombombentests, Atombombeneinsätze sowie die Nuklearkatastrophen von Tschernobyl und Fukushima bewusst. Viele haben auch schon von positiven Anwendungen in der Medizin bei Diagnose- und Therapieverfahren gehört. Manche wissen auch, dass die lebenswichtige Energie der Sonne letztlich durch Kernumwandlungen freigesetzt wird.

Das Thema ist also sehr interessant und die SuS finden es auch doppelt spannend, einerseits wegen der vielen lebensweltlichen Anwendungen und andererseits, weil es viele Dinge in der Wunderwelt des Mikrokosmos zu entdecken gibt (Carmesin u. a. (2015), Carmesin u. a. (2020)).

2 Gliederung

Die Unterrichtseinheit ist wirklich gehaltvoll (s. Beime u. a. (2012); Brüning u. a. (2010); Frenzel (2017); Gehmann (2015)). Sie lässt sich gut in vier Sequenzen aufteilen: Zunächst wird das grundlegende Kern-Hülle-Modell behandelt. Hierbei wird das Phänomen der Ionisation besonders ausführlich bearbeitet. Denn es ist grundlegend für die nachfolgende Sequenz der radioaktiven und somit ionisierenden Strahlen. Diese Sequenz ist unmittelbar lebenswichtig, weil jeder permanent diesen Strahlen, wenn auch in sehr geringer Dosis, ausgesetzt ist. In der dritten Sequenz werden die üblichen Quellen der radioaktiven Strahlen genauer untersucht, die zerfallenden Atomkerne. Schließlich wird in der vierten Unterrichtssequenz die künstliche Kernspaltung mit ihren technischen Anwendungen und mit ihren politischen Wirkungen thematisiert.

Inhaltsbezogene Kompetenzen: SuS ...	Prozessbezogene Kompetenzen: SuS ...
... beschreiben das KERN-HÜLLE-MODELL des Atoms und erläutern den Begriff Isotop (Bezüge zu Chemie). ... deuten die Stabilität von Kernen mit Hilfe der Kernkraft .	deuten das Phänomen der Ionisation mit Hilfe dieses Modells (Bezüge zu Chemie).
... beschreiben die ionisierende Wirkung von KERNSTRAHLUNG und deren stochastischen Charakter. ... geben ihre Kenntnisse über natürliche und künstliche Strahlungsquellen wieder (Bezüge zu Chemie).	... beschreiben biologische Wirkung und ausgewählte medizinische Anwendungen (Bezüge zu Biologie) ... nutzen dieses Wissen zur Einschätzung möglicher Gefährdung durch Kernstrahlung.
... unterscheiden α -, β -, γ - Strahlung anhand ihrer Eigenschaften und beschreiben ihre Entstehung. ... erläutern Strahlenschutzmaßnahmen mit Hilfe dieser Kenntnisse.	... beschreiben die Ähnlichkeit von UV-, Röntgen- und γ -Strahlung in Analogie zum Licht und berücksichtigen dabei energetische Gesichtspunkte. ... nutzen ihr Wissen zur Beurteilung von Strahlenschutzmaßnahmen (Bezüge zu Biologie).
... unterscheiden Energiedosis und Äquivalentdosis geben die Einheit der Äquivalentdosis an.	... zeigen am Beispiel des Bewertungsfaktors die Grenzen physikalischer Sichtweisen auf.
... beschreiben den radioaktiven ZERFALL eines Stoffes unter Verwendung des Begriffes Halbwertszeit.	... stellen die Abklingkurve grafisch dar und werten sie unter Verwendung der Eigenschaften einer Exponentialfunktion aus (Bezüge zu Mathematik).
... beschreiben die KERNSPALTUNG und die Kettenreaktion. ... erläutern die Funktionsweise eines Kernkraftwerks.	... recherchieren in geeigneten Quellen und präsentieren ihr Ergebnis adressatengerecht. ... benennen die Auswirkungen der Entdeckung der Kernspaltung im gesellschaftlichen Zusammenhang und zeigen dabei die Grenzen physikalischer Sichtweisen auf (Bezüge zu Politik-Wirtschaft).

Tabelle 1: Curriculum zur Unterrichtseinheit Kernphysik in Klasse 9 [Beime u. a. \(2012\)](#); [Brüning u. a. \(2010\)](#); [Frenzel \(2017\)](#); [Gehmann \(2015\)](#).

3 Unterrichtssequenzen

Im folgenden stelle ich eine mögliche Struktur der Sequenzen dar, die im Unterricht erprobt und relativ einfach gehalten ist. Das Thema bietet viele interessante weitere Aspekte, beispielsweise die natürliche Strahlenbelastung durch das körpereigene Kalium-40 (s. [Schuh \(2012\)](#)) oder passive Notkühlsysteme in Kernkraftwerken (s. [Graul \(2011\)](#)).

3.1 Kern-Hülle-Modell

Nr.	Stundenthema	Stundenlernziel
1	Entdeckung und Erklärung der Entladung eines Elektroskops mit dem Fly-Fun-Stick	Die SuS sollen die Entladung durch im Fly-Fun-Stick erzeugte Ionen begründen können.
2	Entdeckung und Erklärung der Entladung eines Elektroskops mit einer Kerze	Die SuS sollen die Entladung mit Ionisation durch Erhitzung erklären und durch einen Kontrollversuch mit dem glühelektrischen Effekt begründen können.
3	Entdeckung der positiven Ladung des Kerns an der Neutralisation beim Blitzableiter	Die SuS sollen die Neutralisation durch die anziehende elektrische Kraft begründen und die positive Ladung des Kerns folgern können.
4	Bestimmung der Beträge der Kernladung	Die SuS sollen die Kernladung anhand der Anzahl der Elektronen in der Hülle mit Hilfe des Periodensystems bestimmen können.
5	Bestimmung der Zusammensetzung von Atomkernen mit Hilfe der Nuklidkarte	Die SuS sollen die Nuklidkarte zur Bestimmung der Zusammensetzung von Atomkernen anwenden können.
6	Entdeckung der Kernkraft anhand der Stabilität des Heliumkerns	Die SuS sollen die Existenz einer anziehenden Kernkraft mit der abstoßenden elektrischen Kraft begründen können.

Tabelle 2: Mögliche Stundenabfolge zur Unterrichtssequenz Kern-Hülle-Modell.



Abbildung 2: Der Fun-Fly-Stick bietet einen spielerischen Zugang zum Thema Ionen und ist bei den SuS sehr beliebt. Durch Ionisation entzieht man dem Atom hier ein Elektron. Das führt zu den Themen Restatom, Neutralisation, Kräfte im Atom, Ladungen im Atom sowie Kernbausteine. Viele Ergebnisse lassen sich durch einfache und spannende Kontrollversuche absichern und verdeutlichen.

3.2 Radioaktive Strahlen

Die Sequenz radioaktive Strahlen ist besonders wichtig für die Gesundheit (s. Abb. 1).

Nr.	Stundenthema	Stundenlernziel
1	Entdeckung der ionisierenden Wirkung radioaktiver Strahlung	Die SuS sollen die ionisierende Wirkung radioaktiver Strahlung durch Entladung eines Elektroskops begründen können.
2	Entdeckung und Erklärung der durch radioaktive Strahlen ausgelöste Funkenentladung	Die SuS sollen die durch radioaktive Strahlen ausgelöste Funkenentladung durch Ladungslawinen erklären können.
3	Erklärung der Funktionsweise des Geiger-Müller-Zählrohrs	Die SuS sollen die Funktionsweise des Geiger-Müller-Zählrohrs von einzelnen radioaktiven Strahlen ausgelöste Ladungslawinen erklären können.
4	Anwendung des GMZs	Die SuS sollen das GMZ anwenden und den stochastischen Charakter radioaktiver Strahlen erläutern können.
5	Zusammenfassung des Wirkungsmechanismus der Strahlentherapie	Die SuS sollen den Wirkungsmechanismus der Strahlentherapie nennen und anhand eines Dosis-Wirkungs-Diagramms begründen können.
6	Untersuchung von Paranüssen und Americium-241 mit dem GMZ	Die SuS sollen die Radioaktivität natürlicher und künstlicher Strahlungsquellen erläutern können.
7	Entdeckung von α -, β - und γ -Strahlen	Die SuS sollen ihre Entdeckung von α -, β - und γ -Strahlen durch Abschirmungsversuche erklären können.
8	Entdeckung der elektrischen Ladungen von α -, β - und γ -Strahlen	Die SuS sollen die elektrischen Ladungen von α -, β - und γ -Strahlen durch deren Ablenkbarkeit begründen können.
9	Untersuchung des Strahlenschutzes in der Klinik	Die SuS sollen den Strahlenschutz in der Klinik deuten können.
10	Berechnung der Energiedosis und Äquivalentdosis von Paranüssen	Die SuS sollen die Dosen berechnen und mit Grenzwerten vergleichen können.

Tabelle 3: Mögliche Stundenabfolge zur Unterrichtssequenz radioaktive Strahlen.

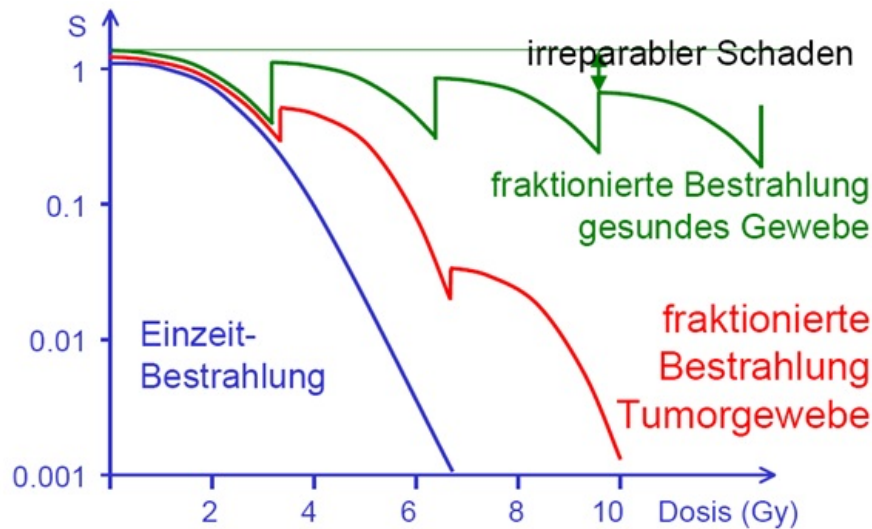


Abbildung 3: Der Graph stellt die Dosis-Wirkungs-Beziehung einer Strahlentherapie dar (s. [Wattimena \(2011\)](#)). Querachse: Energiedosis in Gray. Hochachse: Anteil ungeschädigter Zellen. Während das Tumorgewebe durch radioaktive Strahlen massiv geschädigt wird (rot), nimmt gesundes Gewebe kaum Schaden (grün).

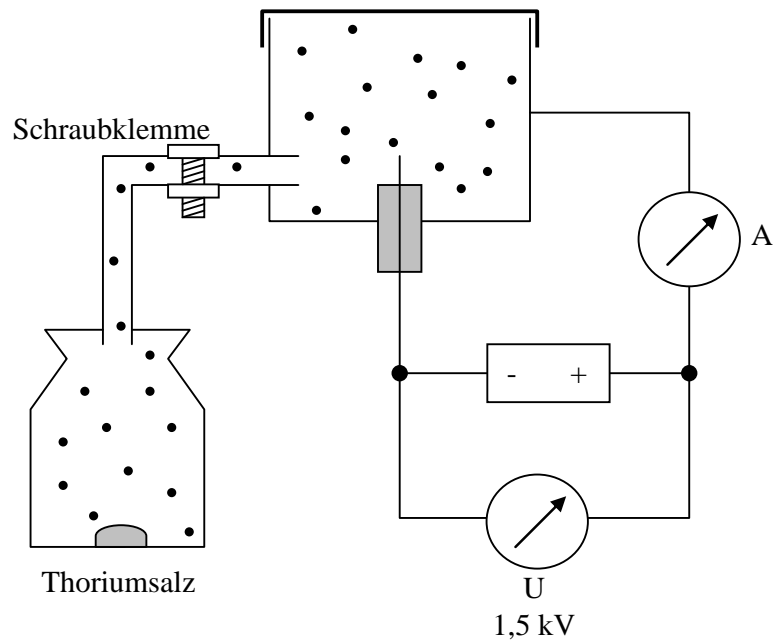
3.3 Kernzerfälle

Der natürliche Kernzerfall wird als typische Quelle radioaktiver Strahlen erkannt. Durch das Zerfallsgesetz verstehen die SuS, warum viele radioaktive Stoffe sehr lange strahlen. Das grundlegende Experiment ist sehr einfach und verständlich (s. Arbeitsblatt unten).

Nr.	Stundenthema	Stundenlernziel
1	Entdeckung des Kernzerfalls von Radon-220	Die SuS sollen den Zerfall mit der sinkenden Stromstärke im Versuch begründen können.
2	Entdeckung des exponentiellen Zerfallsgesetzes	Die SuS sollen das Zerfallsgesetz durch die Versuchsergebnisse begründen können.
3	Bestimmung der Halbwertszeit	Die SuS sollen die Halbwertszeit aus den Versuchsergebnissen ermitteln können.
4	Bestimmung des Alters von Ötzi	Die SuS sollen das Alter gemäß der Radiokarbonmethode berechnen können.
5	Entdecken des Zerfallsgesetzes	Die SuS sollen das Zerfallsgesetz begründen und anwenden können.

Tabelle 4: Mögliche Stundenabfolge zur Unterrichtssequenz Kernzerfälle.

Messung der Zerfalldynamik von Radongas mit einer Ionisationskammer



1) Erkläre das Versuchsprinzip.

t in s	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
I in pA	102	89	79	72	63	54	47	43	37	34	30	27	24	20	18

- 2) Bestimme eine Formel für die Stromstärke als Funktion der Zeit!
- 3) Deute das Ergebnis!

3.4 Kernspaltung

Durch die Kernspaltung konnte der Mensch erstmals Kernreaktionen kontrollieren. Das hatte weit reichende technische, militärische, ökologische, gesundheitliche, ökonomische und politische Auswirkungen, die wir bis heute vehement miterleben. Das macht dieses Thema spannend.

Nr.	Stundenthema	Stundenlernziel
1	Beschreibung der Spaltung von Uran-235	Die SuS sollen das Prinzip der Spaltung beschreiben und anhand eines Webquests erläutern können.
2	Modellierung der Kettenreaktion	Die SuS sollen die Kettenreaktion im Schüler-Modellversuch nachbilden können.
3	Darstellung des Funktionsprinzips eines Kernkraftwerks	Die SuS sollen das Funktionsprinzip mit Hilfe der Kernspaltung erklären können.
4	Zusammenfassung der bisherigen Geschichte der künstlichen Kernspaltung	Die SuS sollen die bisherige Geschichte der künstlichen Kernspaltung zusammenfassen und erörtern können.

Tabelle 5: Mögliche Stundenabfolge zur Unterrichtssequenz Kernspaltung.



Abbildung 4: Durch diese Einstiegsfolien stellen die SuS schnell die Frage, wie man die eigentlich stochastisch ablaufenden Kernreaktion hier steuern kann. Damit ist man mitten im Thema

4 Zusammenfassung

Bei dieser UE können die SuS entdecken, was die Welt im Innersten zusammenhält, beispielsweise die Kernkräfte. Auch können sie viele lebenswichtige Themen erkunden. Ich wünsche Ihnen mit Ihren SuS eine spannende Reise in den Mikrokosmos und seine permanenten Auswirkungen auf unser Leben.

Literatur

- [Beime u. a. 2012] BEIME, Christa ; HOPPE, Petra ; HUMMES, Klaus-Peter ; VÖPEL, Karl-Heinz ; VOSS, Christine ; ZEMANN, Winfried: *Kerncurriculum für die Integrierte Gesamtschule, Schuljahrgänge 5 - 10, Naturwissenschaften, Niedersachsen*. Hannover : Niedersächsisches Kultusministerium, 2012
- [Brüning u. a. 2010] BRÜNING, Thomas ; DÖTZER, Susanne ; ELSASSER, Wolfgang ; HEIKE, Christina ; JÜTTNER, Horst ; MICHALSKI, Regina ; MOORKAMP, Michael ; SUTTMAYER, Beate: *Rahmenrichtlinien für das Fach Naturwissenschaft in der Klasse 12 der Fachoberschule, Niedersachsen*. Hannover : Niedersächsisches Kultusministerium, 2010
- [Carmesin u. a. 2020] CARMESIN, Hans-Otto ; EMSE, Anneke ; PIEHLER, M. ; PRÖHL, Inka K. ; SALZMANN, Wiebke ; WITTE, Lutz: *Universum Physik Sekundarstufe II Niedersachsen Qualifikationsphase*. Berlin : Cornelsen Verlag, 2020
- [Carmesin u. a. 2015] CARMESIN, Hans-Otto ; KAHLE, Jens ; KONRAD, Ulf ; PRÖHL, Inka ; TRUMME, Torsten ; WITTE, Lutz ; HAGEDORN, Andreas: *Universum Physik 9/10*. Berlin : Cornelsen, 2015
- [Frenzel 2017] FRENZEL, Michael u. a.: *Kerncurriculum für das Gymnasium - gymnasiale Oberstufe, die Gesamtschule - gymnasiale Oberstufe, das Fachgymnasium, das Abendgymnasium, das Kolleg, Physik, Niedersachsen*. Hannover : Niedersächsisches Kultusministerium, 2017
- [Gehmann 2015] GEHMANN, Kurt u. a.: *Kerncurriculum für das Gymnasium, Schuljahrgänge 5 - 10, Naturwissenschaften, Niedersachsen*. Hannover : Niedersächsisches Kultusministerium, 2015
- [Graul 2011] GRAUL, Stefan: *Beurteilung von Möglichkeiten und Grenzen von passiven Notkühlssystemen in Kernkraftwerken: Ein Unterrichtsversuch in einer 9. Klasse eines Gymnasiums*. Stade : Studienseminar Stade, 2011
- [Schuh 2012] SCHUH, Roman: *Untersuchung der biologischen Strahlenwirkung des im menschlichen Körper enthaltenen Kaliums - ein Unterrichtsversuch im Physikunterricht einer 9. Klasse des Gymnasiums*. Stade : Studienseminar Stade, 2012
- [Warentest 2010] WARENTEST, Stiftung: *Pilze und Strahlung*. Download 2012. <http://www.test.de/Wildpilze-Das-Geheimnis-der-Pilze-1163075-1163675/>. Version: 2010
- [Wattimena 2011] WATTIMENA, Nanda: *Medizinische Großgeräte im Kampf gegen Krebs*. Präsentation Schüleringenieurakademie Stade, 2011